

Evaluación de Iluminación en Laboratorios de Ingeniería de la Universidad Peruana Unión - Puno. 2025

Jazmin Angie Huillca Chalco ^{a1}, Nashira Fiorela Mamani Ramos ^{a2}

EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

Resumen

En la Universidad Peruana Unión (UPeU), campus Juliaca, se realizaron monitoreos en los laboratorios de las Escuelas Profesionales (E.P.) de Ingeniería Ambiental e Ingeniería Civil con el objetivo de evaluar los niveles de iluminación. Para ello, se utilizó un luxómetro digital en tres horarios (mañana, tarde y noche), contrastando los resultados con la Norma Técnica Peruana NTP 951-2009-MTPE/4, que exige un mínimo de 500 lux y recomienda hasta 750 lux para tareas de alta precisión visual.

Además del monitoreo incluyó el análisis estadístico de los niveles de iluminancia, el cálculo de la uniformidad lumínica y la comparación de los resultados con estándares internacionales como la ISO 8995-1 y las recomendaciones de la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE). Como resultado, se identificaron deficiencias en los laboratorios de Ingeniería Civil, tanto en intensidad como en distribución de la luz. En particular, durante la noche donde el laboratorio de Ingeniería Civil 02 llega a valores de 21lux. Pero otro lado solo un laboratorio de Ingeniería Ambiental y tres laboratorios de Ingeniería Civil cumplieron parcialmente la normativa durante la mañana, pero en todos los casos se identificaron problemas de uniformidad luminica donde se detectó una distribución desigual de la luz, con índices de uniformidad de luz inferiores a 0.5, el 85% de los ambientes, generando zonas de penumbra y sobreexposición dentro de un mismo espacio. Esta situación afecta directamente las condiciones óptimas para el aprendizaje, especialmente en los turnos de tarde y noche. En conclusion, la evaluacion no solo permitió evidenciar el incumplimiento de la normativa nacional vigente, sino que también facilito las recomendaciones del sistema de iluminación, tomando como referencia estándares internacionales como ISO8995-1 y las pautas establecidas por la CIE.

Palabras clave: Iluminación, Uniformidad de la luz, Salud visual.

1. Introducción

En el ámbito de la formación universitaria, las aulas y laboratorios representan espacios fundamentales para la formación pedagógico o trabajos favorables que ayude al docente y a los estudiantes (Rosario, P. V., & Teonila, G. Z. 2025). La Universidad Peruana Unión desarrollan habilidades técnicas y experiencia en el manejo de instrumentos especializados en los laboratorios de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental e Ingeniería Civil donde desempeñan un rol fundamental en el desarrollo de competencias relacionadas al análisis físico

químico, estudio de suelo, hidráulica, topografía funciones que refuerzan competencias esenciales para su formación profesional (Surgenor & Firth, 2021). Sin embargo, la iluminación en estos laboratorios enfrenta desafíos que pueden comprometer la seguridad, el aprendizaje, y desarrollo eficiente. siendo indispensable contar con condiciones ambientales optimas, siendo la iluminación artificial uno de los factores más determinantes en la calidad del entorno de trabajo. Puesto que la iluminación inadecuada no solo afecta negativamente la concentración, precisión y rendimiento de los estudiantes y docentes, sino que también incrementa significativamente la concentración el riesgo de accidente, errores en la manipulación de equipos y la fatiga visual, diversos estudios internacionales han documentado que niveles de iluminancia por debajo de los estándares recomendados pueden reducir la productividad en tareas técnicas hasta en un 40% y elevar la tasa de errores operativos, especialmente en actividades que requieren atención al detalle (Sun, Lian & Lan, 2019; Chanjuan et al., 2019). En ese sentido, garantizar una iluminación uniforme y adecuada se vuelve crucial en espacios donde se desarrollan actividades científicas y técnicas con altos requerimientos de visibilidad. Además, estudios de campo con luxómetros digitales han demostrado que incluso variaciones menores en la uniformidad de la iluminación pueden impactar significativamente en la percepción visual, especialmente en áreas de trabajo con alta densidad de tareas técnicas (IESNA, 2020; Aguilar et al., 2022).

Dentro de la Norma Técnica Peruana NTP 951-2009-MTPE/4, emitida por el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, señala que los ambientes de laboratorio destinados a fines educativos deben contar con una iluminancia mínima de 500 lux en las superficies donde se realizan las tareas, a fin de asegurar condiciones adecuadas de seguridad y eficiencia operativa. Además, cuando se trata de labores que demandan una mayor precisión visual o un nivel elevado de concentración, Como ocurre en procedimientos analíticos específicos o en el manejo

detallado de instrumentos, la norma recomienda alcanzar niveles de iluminación de hasta 750 lux, con el objetivo de optimizar la visibilidad, reducir la fatiga ocular y minimizar el margen de error en la ejecución de dichas actividades. Cabe señalar que estos valores están alineados con los estándares internacionales establecidos por la norma ISO 8995-1:2002, la cual regula la iluminación de lugares de trabajo en interiores desde una perspectiva de confort visual y ergonomía. A partir de esta recomendación, surge la importancia del presente estudio, cuyo objetivo es evaluar el estado actual de la iluminación en los laboratorios mencionados y determinar si se cumplen los niveles mínimos exigidos por la norma técnica nacional vigente. Esta evaluación técnica tiene como finalidad no solo diagnosticar el cumplimiento de los estándares de iluminancia, sino también identificar las posibles causas de deficiencias, proponer mejoras alineadas con normas internacionales como las recomendaciones de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) y la ISO 8995-1, y establecer lineamientos sostenibles para el mantenimiento y monitoreo continuo de los sistemas de iluminación. El valor de esta investigación radica en su capacidad para generar un impacto positivo en tres dimensiones fundamentales: la seguridad de los usuarios, la eficiencia energética de las instalaciones y la calidad del proceso educativo en espacios clave para la formación profesional. Una iluminación adecuada no solo mejora la experiencia académica de los estudiantes, sino que también representa una inversión estratégica en infraestructura educativa de calidad.

2. Materiales y métodos.

El lugar de monitoreo se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad Peruana Unión, campus Juliaca, pertenecientes a las Escuelas Profesionales de Ingeniería Ambiental e Ingeniería Civil, las mediciones se realizaron considerando las condiciones reales de iluminación durante el desarrollo de actividades académicas.

El monitoreo se realizó en seis laboratorios de las E.P. de Ingeniería Civil e Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Union con el objetivo de evaluar los niveles de iluminación en condiciones reales de operación académica en cumplimiento con los parámetros establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP 951-2009-MTPE/4 y los estándares internacionales Iso 8995-1 y las recomendaciones técnicas del informe CIE 218:2021. Según la ISO 8995-1, los valores deben registrarse a una altura estándar de 1.20 metros sobre el nivel del piso en ambientes donde se manipulan equipos o materiales de laboratorio, lo cual representa la altura de la superficie de trabajo. Asimismo, se aplicó un esquema de 12 puntos de medición por laboratorio, distribuidos de forma uniforme de acuerdo con las dimensiones del espacio, siguiendo el criterio técnico descrito en el anexo A de la ISO 8995-1. Cada valor fue tomado con un luxómetro calibrado, evitando interferencias de sombras, reflejos o bloqueos, y se promedió para obtener el valor de iluminancia general. También se calculó la uniformidad lumínica, conforme a la ecuación definida en dicha norma. Este protocolo garantiza que los resultados obtenidos sean representativos, comparables con estándares internacionales y técnicamente válidos para emitir un diagnóstico confiable del sistema de iluminación.

Tabla 1. Coordenadas de monitoreo.

PUNTOS DE MONITOREO	UTM	
LAB-CIV-01	-15.514874°	-70.181197°
LAB-CIV-02	-15.514985°	-70.181177°
LAB-CIV-03	-15.515058°	-70.181092°
LAB-CIV-04	-15.514979°	-70.181028°
LAB-AMB-01	-15.514200°	-70.180548°
LAB-AMB-02	-15.514388°	-70.180523°

Fuente: Google earth

Ubicación de laboratorios de monitoreo



Figura 1. Mapa de ubicación de los laboratorios de Ambiental y Civil

Fuente: Google Earth Pro

El monitoreo se realizó en la universidad Peruana Unión campus Juliaca en 6 laboratorios correspondientes a las carreras de Ingeniería Ambiental (2 laboratorios) e Ingeniería Civil (4 laboratorios), las mediciones fueron tomadas la mañana, tarde y noche. Según el área de cada laboratorio se determinó los puntos de medición.

Los horarios de monitoreo.

1. Horario matutino: de 8:00 a.m. a 10:00 a.m.
2. Horario vespertino: de 12:00 p.m. a 3:00 p.m.
3. Horario nocturno: de 6:00 p.m. a 6:30 p.m.mm

Esta distribución horaria permitió evaluar el aporte de luz natural (durante el día) como en condiciones donde predomina únicamente la iluminación artificial (en la noche). Cada laboratorio presenta condiciones físicas y requerimientos lumínicos específicos.

El estudio comprendía los siguientes ambientes:

Laboratorio de Ingeniería Civil

1. LAB-CIV-01: Laboratorio de Concreto
2. LAB-CIV-02: Laboratorio de Mecánica de Suelos
3. LAB-CIV-03: Laboratorio de Estructuras
4. LAB-CIV-04: Gabinete de Topografía

Laboratorio de Ingeniería Ambiental

1. LAB-AMB-01: Laboratorio de Saneamiento
2. LAB-AMB-02: Laboratorio de Monitoreo Ambiental

Guía de Puntos de Medición

Tabla 2. Numero de puntos a medir.

Tamaño de Area	Numero minimo de puntos de medicion
Hasta 10m ²	4 puntos (1 en casa esquina, 1 al centro si se puede)
10 - 50m ²	6 a 9 puntos
50 - 100 m ²	9 a 16 puntos
> 100 m ²	Se recomienda formar una cuadrícula (cada 2 o 3m)

Fuente: UNE-EN12464-1/ISO/CIE 8995-1

Tabla 3. Guía de Uniformidad

Valor de Uniformidad	Interpretación	Acción requerida
> 0.7	Buena uniformidad	Cumple
0.5 - 0.69	Aceptable / moderada	Puede requerir mejoras menores
<0.5	Deficiente uniformidad	Requiere mejoras

Fuente: ISO/CIE 8995-1 / UNE-EN 12464-1

Cálculo del promedio

Con el propósito de determinar el nivel promedio de iluminación en los laboratorios evaluados, se establecieron 12 puntos de medición uniformemente distribuidos en el área útil de cada ambiente, conforme a los lineamientos establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP 951-2009-MTPE/4.

A continuación, se procedió a registrar los valores de iluminancia (en lux) en cada uno de los puntos definidos, utilizando un luxómetro digital calibrado. Posteriormente, se calculó el valor promedio de iluminancia mediante la sumatoria de todos los valores registrados dividida entre el número total de puntos de medición, tal como se presenta en la ecuación 001:

$$E_{prom} = \frac{E1+E2+E3.....+E12}{12} \quad (E.C. 001)$$

Donde:

- E_1, E_2, \dots, E_{12} : representan los valores de iluminancia medidos en cada punto del laboratorio (en lux).
- E_{prom} : representa la iluminancia promedio del ambiente evaluado.

Este cálculo permite contar con un valor representativo del nivel de iluminación general en el laboratorio, y constituye la base para determinar el grado de cumplimiento respecto a los estándares técnicos establecidos tanto a nivel nacional como internacional.

Cálculo de la Uniformidad

Tras obtener el promedio (E_{prom}) en cada laboratorio, se procedió a calcular la uniformidad lumínica, la cual permitió evaluar que tan homogénea es la distribución de la luz en el espacio evaluado. Este indicador es fundamental en entornos de trabajo técnico, donde se busca minimizar zonas de penumbra o sobreiluminación.

De acuerdo con lo establecido en la norma ISO 8995-1:2002 y respaldado por la NTP 951-2009-MTPE/4, la uniformidad se calcula como el cociente entre el valor mínimo de iluminancia registrada ($E_{\text{mín}}$) y el valor promedio de iluminancia (E_{prom}) del área evaluada, tal como se indica en la ecuación 002:

$$U = \frac{E_{\text{mín}}}{E_{\text{prom}}} \quad (\text{E.C. 002})$$

Donde:

1. U: índice de uniformidad de la iluminación.
2. Emin: Mínimo registrado entre los 12 puntos de medición.
3. Eprom: Valor promedio de iluminancia según E.C. 001.

Según los criterios técnicos establecidos por la ISO 8995-1, se considera:

A. Uniformidad aceptable: $U \geq 0.5U / 0.5U \geq 0.5$

B. Uniformidad recomendada: $U > 0.7$, especialmente en tareas de alta exigencia visual.

Este cálculo es fundamental para identificar ambientes con distribución desigual de la luz, lo cual puede afectar negativamente la percepción visual, la seguridad operativa y el desempeño académico en los laboratorios.

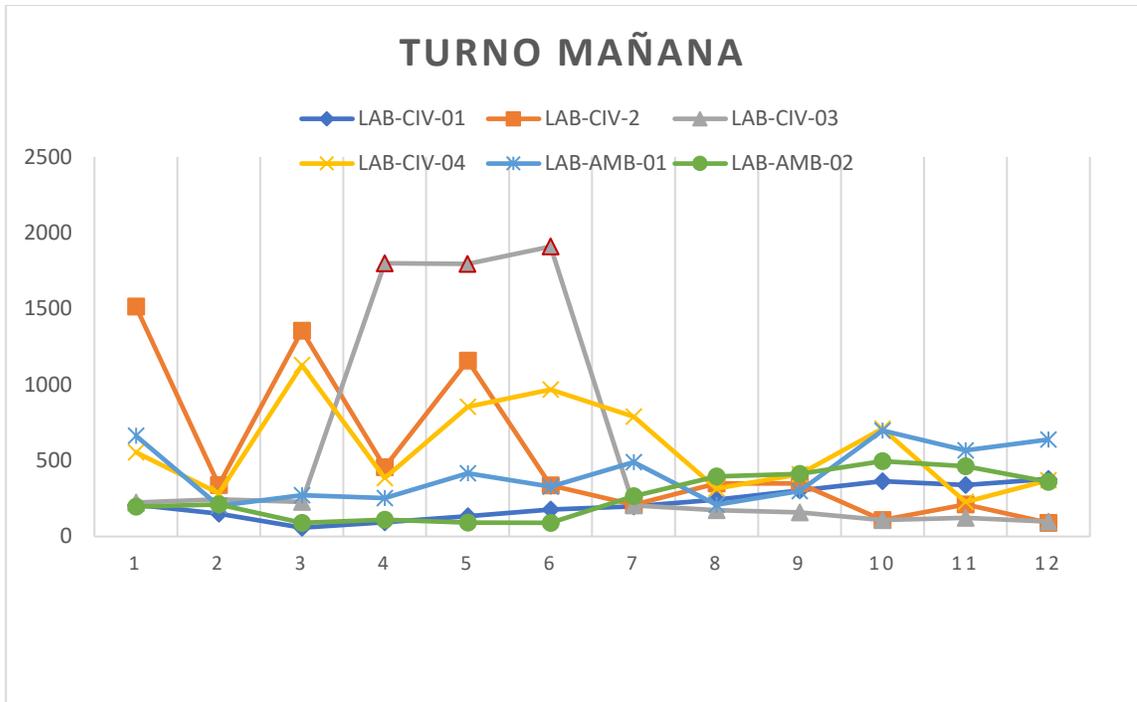
Materiales

- Luxómetro digital modelo light meter 407026
- Excel
- Hoja de campo
- Google earth
- EPP

RESULTADOS:

Resultados 1. Resultados obtenidos del turno mañana:

Imagen 1. Turno mañana.



Fuente: propia

El monitoreo de la iluminación realizado en el turno mañana que se llevo acabo en seis laboratorios de la universidad Peruana Union, utilizando un luxómetro, mostró resultados que, en su mayoría, están fuera del rango recomendado de 500 a 750 lux para aulas y laboratorios, según la Norma Técnica Peruana NTP 951-2009-MTPE/4., que se basa en la ISO 8995-1.

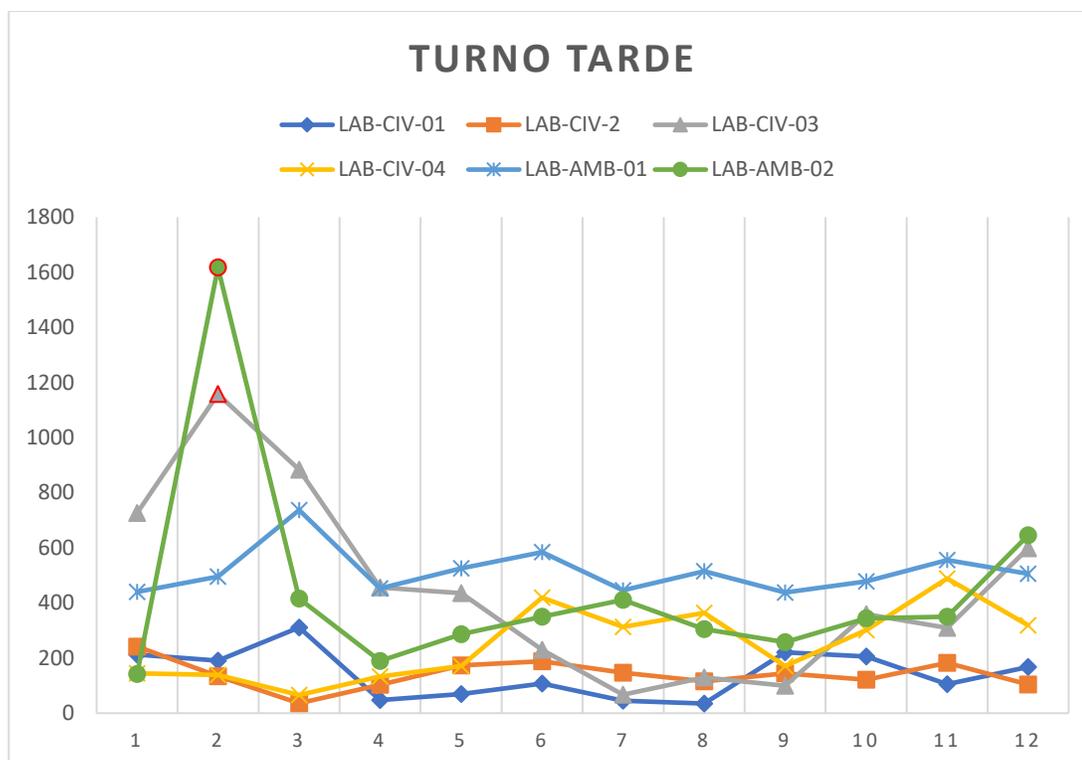
El laboratorio LAB-CIV-03 registró el valor más alto con 1909 lux y un mínimo de 98 lux, lo que indica una sobreiluminación crítica combinada con áreas mal iluminadas. De manera similar, el laboratorio LAB-CIV-02 presentó un máximo de 1514 lux y un mínimo de solo 90 lux, reflejando una gran variabilidad en la iluminación que puede afectar la comodidad visual.

En contraste, el laboratorio LAB-CIV-01 tuvo todos sus valores por debajo del mínimo requerido, con un rango de 58 a 379 lux, al igual que el laboratorio LAB-AMB-02, cuyos valores oscilaron entre 90 y 496 lux; ambos casos evidencian una iluminación inadecuada que podría causar fatiga visual en los usuarios. El laboratorio LAB-CIV-04 mostró un rango de 227 a 1128 lux, también fuera del estándar, con picos elevados que necesitan ser corregidos. Esta sobreexposición puede provocar efectos adversos como deslumbramiento, fatiga visual, reducción del contraste en las superficies de trabajo y molestias durante la concentración prolongada, lo que impacta el rendimiento de los estudiantes y profesores. (Liu et al. 2023).

Por lo tanto se identificó una falta de uniformidad y cumplimiento normativo en todos los ambientes evaluados en el turno mañana, por lo que se recomienda optimizar el diseño lumínico de los laboratorios mediante la redistribución de luminarias, la incorporación de fuentes adicionales en zonas deficientes y el control del ingreso de luz natural en áreas sobreiluminadas.

Resultados 2. Resultados obtenidos del turno tarde:

Imagen 3. Turno tarde



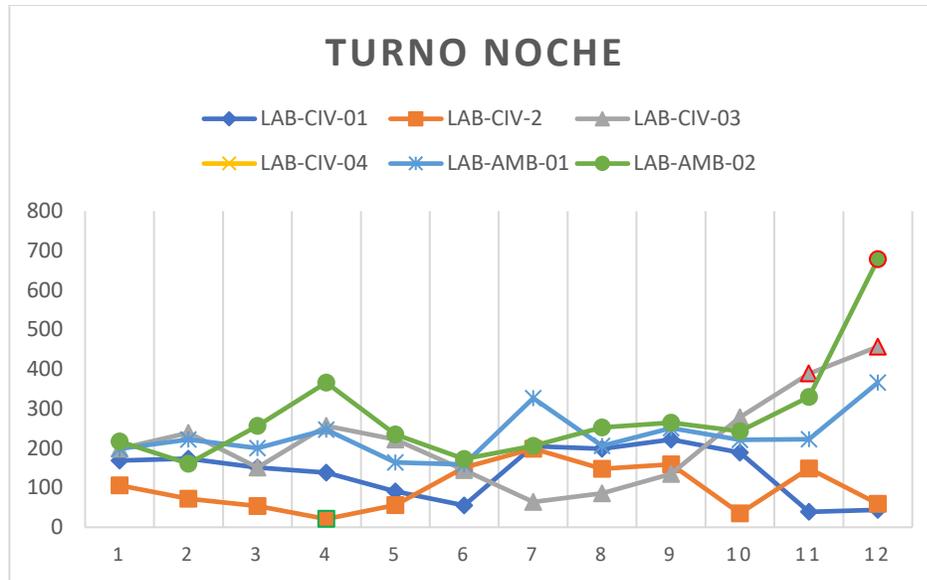
Fuente: propia

El análisis de los niveles de iluminancia durante el turno de la tarde mostró condiciones de luz inadecuadas en varios laboratorios, tanto por falta como por exceso, en comparación con el rango recomendado de 500 a 750 lux establecido por la Norma Técnica Peruana NTP 951-2009-MTPE/4, que se basa en la ISO 8995-1. En LAB-CIV-01, los niveles variaron entre 35 y 311 lux, muy por debajo del mínimo requerido, lo que puede causar fatiga visual, disminución del rendimiento académico y errores en tareas que requieren precisión. Por otro lado, LAB-AMB-02 alcanzó un valor extremo de 1617 lux, superando ampliamente el límite superior recomendado, lo que puede provocar deslumbramiento, incomodidad visual y reducción de la capacidad de concentración. Estos hallazgos coinciden con lo señalado por Liu et al. (2023), quienes concluyen que mantener la iluminación dentro del rango óptimo favorece el confort visual y el

rendimiento cognitivo en entornos educativos. Por lo tanto, se recomienda implementar acciones correctivas específicas: mejorar la iluminación en áreas con niveles bajos mediante luminarias adecuadas y difusores, y reducir la intensidad en zonas sobreiluminadas utilizando filtros, redistribución de luminarias o control de la entrada de luz natural. Estas medidas permitirán asegurar una iluminación uniforme, ergonómica y funcional de acuerdo con los estándares técnicos y científicos actuales. Para lograr condiciones de iluminación óptimas en laboratorios y aulas, se sugiere mantener los niveles de iluminación entre 500 y 750 lux, dado que investigaciones han demostrado que este rango favorece la eficiencia en la lectura y disminuye la fatiga mental. En particular, Zhou y Pan (2023) concluyeron que, para actividades de lectura, la iluminación de 500 lux a 6,500 K es ideal durante períodos de 15 minutos, 500 lux a 4,000 K en intervalos de 30 minutos, y 750 lux a 6,500 K en sesiones prolongadas de 60 minutos. Estos hallazgos evidencian que tales niveles de iluminación mejoran de manera significativa el rendimiento cognitivo y el confort visual. Esta información respalda la conformidad con los estándares técnicos establecidos, garantizando un entorno visualmente ergonómico y eficaz para las actividades académicas.

Resultado 3. Resultados obtenidos del turno noche:

Imagen 3. Turno noche



Fuente: propia

Durante el turno nocturno, se ha observado que los niveles de iluminación en diversos laboratorios se encuentran por debajo del rango recomendado de 500 a 750 lux, lo cual podría tener un impacto adverso en la capacidad visual y el rendimiento académico de los estudiantes. Por ejemplo, en el laboratorio LAB-CIV-2, la mayoría de los valores de iluminación oscilan entre 21 y 199 lux, lo que indica una deficiencia en la iluminación que puede provocar fatiga ocular, dificultades en el enfoque visual y una menor precisión en las tareas de observación, especialmente durante períodos prolongados de trabajo. En contraste, en el laboratorio LAB-AMB-02 se registró un valor cercano al límite superior (678 lux), mientras que en LAB-CIV-04 no se reportaron datos. De acuerdo con la norma técnica NTP 399.010:2012, las actividades que implican lectura, escritura y manipulación de instrumentos en laboratorios requieren niveles de iluminación que oscilen entre 500 y 750 lux para asegurar condiciones visuales óptimas. Además, Zhou y Pan (2023) subrayan que mantener la iluminancia dentro de este rango durante las sesiones nocturnas contribuye a disminuir la fatiga cerebral y a mejorar la

eficiencia en la lectura en diferentes intervalos de exposición. Por lo tanto, se sugiere llevar a cabo una revisión del sistema de iluminación artificial actual, reubicar o complementar las luminarias existentes, y garantizar un mantenimiento preventivo adecuado para alcanzar los niveles de iluminación requeridos en todos los espacios educativos nocturnos, prestando especial atención a aquellos laboratorios que presentan los valores más bajos.

1.1. Resultados 2

Tabla 4. Comparación del promedio con la normativa 951-2009-MTPE/4, LABORATORIOS DE ING. CIVIL.

LABORATORIOS CIVIL		PROMEDIO	Normativa 951-2009-MTPE/4	Cumple/No cumple
LAB-CIV-01	MAÑANA	220.75	500-750	NO cumple
	TARDE	143.25	500-750	NO cumple
	NOCHE	139.67	500-750	NO cumple
LAB-CIV-2	MAÑANA	539.83	500-750	SI cumple
	TARDE	140.92	500-750	NO cumple
	NOCHE	100.75	500-750	NO cumple
LAB-CIV-03	MAÑANA	588.83	500-750	SI cumple
	TARDE	454.42	500-750	NO cumple
	NOCHE	218.50	500-750	NO cumple
LAB-CIV-04	MAÑANA	582.83	500-750	SI cumple
	TARDE	252.50	500-750	NO cumple

Fuente: propia, 2025

Los resultados de la Tabla 4 evidencian que los laboratorios de Ingeniería Civil (LAB-CIV-01 a 04) incumplen parcial o totalmente la NTP 951-2009-MTPE/4 (500 lux mínimo), con promedios críticos nocturnos (LAB-CIV-01: 139.67 lux; LAB-CIV-02: 100.83 lux) y cumplimiento diurno irregular (LAB-CIV-02: 539.83 lux; LAB-CIV-04:

descenso nocturno), comprometiendo la seguridad y confort visual según estándares CIE (2021) para espacios educativos técnicos.

Tabla 5. Comparación del promedio con la normativa 951-2009-MTPE/4. LABORATORIOS DE ING. AMBIENTAL.

LABORATORIOS AMBIENTAL		PROMEDIO	Normativa 951-2009-MTPE/4	Cumple/No cumple
LAB-AMB-01	MAÑANA	419.42	500-750	NO cumple
	TARDE	514.58	500-750	SI cumple
	NOCHE	232.08	500-750	NO cumple
LAB-AMB-02	MAÑANA	265.25	500-750	NO cumple
	TARDE	442.92	500-750	NO cumple
	NOCHE	282.00	500-750	NO cumple

Fuente: propia, 2025

Como podemos observar en la tabla 5 el análisis revela que el LAB-AMB-01 solo cumple parcialmente la NTP 951-2009 en horario vespertino (514.58 lux), pero presenta niveles inaceptables por la mañana y noche (232.08 lux). Por su parte, el LAB-AMB-02 incumple en todos los horarios, con promedios críticos (mañana: 265.25 lux; noche: 282 lux), evidenciando fallas sistémicas en el diseño lumínico. Estos déficits, según la UNESCO-IESALC (2022), comprometen directamente el rendimiento académico, la salud visual y la seguridad de los usuarios, ya que las infraestructuras educativas deben garantizar iluminación adecuada (≥ 500 lux) mediante sistemas artificiales/naturales balanceados y mantenidos periódicamente.

1.2. Resultados 3

Tabla 6. Interpretación de valores, aceptables en laboratorios de ing. Civil.

LABORATORIOS CIVIL		VALOR POR SALON	VALOR DE UNIFORMIDAD	INTERPRETACION	ACCION REQUERIDA
LAB-CIV-01	MAÑANA	0.3	< 0.5	DEFICIENTE	REQUIERE
				UNIFORMIDAD	MEJORAS
	TARDE	0.2		DEFICIENTE	REQUIERE
			< 0.5	UNIFORMIDAD	MEJORAS
	NOCHE	0.3		DEFICIENTE	REQUIERE
				UNIFORMIDAD	MEJORAS
LAB-CIV-2	MAÑANA	0.2	< 0.5	DEFICIENTE	REQUIERE
				UNIFORMIDAD	MEJORAS
	TARDE	0.3		DEFICIENTE	REQUIERE
			< 0.5	UNIFORMIDAD	MEJORAS
	NOCHE	0.2		DEFICIENTE	REQUIERE
				UNIFORMIDAD	MEJORAS
LAB-CIV-03	MAÑANA	0.2	< 0.5	DEFICIENTE	REQUIERE
				UNIFORMIDAD	MEJORAS
	TARDE	0.1		DEFICIENTE	REQUIERE
			< 0.5	UNIFORMIDAD	MEJORAS
	NOCHE	0.3		DEFICIENTE	REQUIERE
				UNIFORMIDAD	MEJORAS
LAB-CIV-04	MAÑANA	0.4	< 0.5	DEFICIENTE	REQUIERE
				UNIFORMIDAD	MEJORAS
	TARDE	0.3	< 0.5	DEFICIENTE	REQUIERE
				UNIFORMIDAD	MEJORAS

Fuente: propia, 2025

Los análisis de la tabla 6 demuestran que todos los laboratorios presentan índices de uniformidad (U) por debajo del estándar mínimo ($U \geq 0.7$), excepto el LAB-CIV-04 en horario matutino ($U=0.5$), que aún así se mantiene 29% por debajo de lo recomendado. Esta condición genera heterogeneidad lumínica crítica, con consecuencias documentadas por la CIE (2021).

Tabla 7. Interpretación de valores, aceptables en laboratorios de ing. Ambiental.

LABORATORIOS AMBIENTAL		VALOR POR SALON	VALOR DE UNIFORMIDAD	INTERPRETACION	ACCION REQUERIDA
LAB-AMB-01	MAÑANA	0.5	0.5 - 0.69	ACEPTABLE/MODERAD A	PUEDE REQUERIR MEJORAS
	TARDE	0.9	> 0.7	BUENA UNIFORMIDAD	CUMPLE
	NOCHE	0.7	≥ 0.7	BUENA UNIFORMIDAD	CUMPLE
LAB-AMB-02	MAÑANA	0.3	< 0.5	DEFICIENTE UNIFORMIDAD	REQUIERE MEJORAS
	TARDE	0.3	< 0.5	DEFICIENTE UNIFORMIDAD	REQUIERE MEJORAS
	NOCHE	0.6	0.5 - 0.69	ACEPTABLE/MODERAD A	PUEDE REQUERIR MEJORAS

Fuente: propia, 2025

El LAB-AMB-01 demuestra un diseño lumínico adecuado, con uniformidad (U) superior a 0.69 en tarde y noche, cumpliendo casi en su totalidad con el estándar recomendado ($U \geq 0.7$), lo que garantiza un entorno visualmente confortable para actividades académicas.

En contraste, el LAB-AMB-02 presenta deficiencias críticas en uniformidad durante mañana y tarde, con valores significativamente inferiores al mínimo requerido. Esta irregularidad en la distribución de la luz puede provocar dificultad en analisis

ambiental, provocar fatiga ocular y aumenta el riesgo en cometer errores. (UNESCO-IESALC, 2022).

Discusiones:

El presente estudio se centró en la evaluación de los niveles de iluminancia en diversos laboratorios de una universidad peruana, abarcando las áreas de ciencias ambientales e ingeniería civil, durante tres turnos horarios: mañana, tarde y noche. El propósito de esta investigación fue comparar los niveles de iluminación obtenidos con los estándares establecidos por la NTP 399.010:2012, que indica que los niveles recomendados de iluminación en espacios interiores donde se llevan a cabo actividades visuales complejas, como laboratorios o aulas técnicas, deben oscilar entre 500 y 750 lux, considerando criterios de visibilidad, seguridad y confort ergonómico (INACAL, 2012). Los hallazgos del estudio evidencian variaciones significativas y patrones de desviación crítica, tanto por exceso como por defecto, que pueden afectar el rendimiento académico y la salud visual de los usuarios.

Durante el turno de la mañana, se observaron niveles máximos de iluminación que superaron considerablemente los límites normativos. Se registraron picos de iluminancia en LAB-AMB-02 (1514 lux), LAB-CIV-03 (1410 lux) y LAB-CIV-01 (1346 lux). Este exceso de iluminación, lejos de crear un entorno más propicio, puede dar lugar a una serie de efectos adversos. La intensa luz artificial puede provocar deslumbramiento, disminución de la agudeza visual debido a la adaptación excesiva de la retina y estrés ocular acumulativo (Boyce, 2014). Además, investigaciones como la de Lin et al. (2022) sugieren que niveles de iluminancia superiores a 1000 lux en espacios académicos cerrados pueden influir negativamente en el confort térmico percibido y alterar el ritmo

circadiano de los estudiantes. Por otro lado, se registraron valores mínimos alarmantes, como 90 lux en LAB-CIV-03, que no solo comprometen la legibilidad de textos e instrumentos, sino que también representan condiciones similares a las de un depósito o archivo, inadecuadas para actividades que requieren un alto nivel cognitivo.

Durante el turno vespertino, se observó una notable polarización en la situación de iluminancia. La sobreexposición alcanzó su punto máximo en la medición más alta del estudio, con 1617 lux en LAB-AMB-02, seguida de 1158 y 884 lux en LAB-CIV-03. Estas cifras no solo superan los límites establecidos por la normativa vigente, sino que también contravienen los principios de eficiencia energética, dado que el uso intensivo de iluminación artificial en momentos donde predomina la luz natural indica una gestión inadecuada de los sistemas pasivos (Dubois & Blomsterberg, 2011). Al mismo tiempo, se registraron valores críticos de 35 lux en LAB-CIV-01. Este contraste entre áreas de alta y baja iluminancia dentro de un mismo espacio evidencia una deficiencia en la uniformidad lumínica, un parámetro que también está regulado por la NTP 399.010, la cual estipula que la relación entre la iluminancia mínima y la promedio no debe ser inferior a 0.7 (INACAL, 2012). La falta de homogeneidad lumínica no solo genera zonas visualmente ineficientes, sino que también incrementa la carga cognitiva al obligar al ojo humano a adaptarse constantemente a cambios abruptos en la intensidad luminosa (Zhou & Pan, 2023).

En el turno nocturno, los datos reflejan una disminución generalizada de la iluminancia, lo cual era previsible debido a la ausencia de luz natural. Sin embargo, los niveles registrados no lograron alcanzar de manera consistente el umbral mínimo de 500 lux. Únicamente LAB-AMB-02 reportó un valor superior (678 lux), mientras que los demás espacios, como LAB-CIV-03 (457 lux) y LAB-CIV-2 (389 lux), se mantuvieron por debajo del nivel

aceptable. Lo más alarmante fueron los mínimos extremos registrados: 21 lux en LAB-CIV-2, así como 35 lux y 39 lux en LAB-CIV-01, valores que comprometen la seguridad operativa dentro del laboratorio, afectando la manipulación precisa de equipos y materiales. Según Choi et al. (2020), una iluminación deficiente en entornos de enseñanza práctica puede aumentar la probabilidad de errores operativos y accidentes menores, especialmente en contextos universitarios donde se manejan sustancias, muestras o instrumentos punzocortantes.

A lo largo de los tres turnos evaluados, se han identificado patrones que indican la existencia de deficiencias sistémicas. En primer lugar, no se observa un control activo de la iluminación artificial en función de la hora del día o de la incidencia solar, lo que sugiere la falta de sensores de luz o de políticas de optimización energética. En segundo lugar, la falta de uniformidad y el amplio rango de variación entre los valores máximos y mínimos en un mismo espacio implican que la disposición física de las luminarias, el tipo de bombillas utilizadas y la reflectancia de las superficies no han sido considerados en un diseño técnico integral. Por último, la excesiva dependencia de la luz artificial, incluso durante los turnos diurnos, refleja una carencia de estrategias arquitectónicas orientadas a la utilización de la luz natural, tales como claraboyas, parasoles o superficies difusoras, prácticas que son ampliamente recomendadas por estudios sobre eficiencia ambiental en infraestructuras educativas (Li & Tsang, 2008).

A nivel normativo, además del incumplimiento en los niveles de iluminancia, el presente estudio evidencia el desinterés institucional en otros criterios igualmente relevantes, como la temperatura de color, el índice de reproducción cromática (CRI) y la regulación automática en función del uso. Todo esto tiene un impacto negativo en la

percepción del espacio, la calidad visual de las tareas y, por ende, en el rendimiento académico de los estudiantes. En consonancia con la literatura reciente, se reafirma que una adecuada planificación y mantenimiento del sistema de iluminación en contextos universitarios no solo debe buscar el cumplimiento normativo, sino también considerar la salud visual, la eficiencia energética y la experiencia del usuario como ejes integradores (Van Bommel & van den Beld, 2004).

Conclusión

Los resultados del monitoreo revelan que los laboratorios evaluados no cumplen de forma sostenida con los requisitos mínimos de iluminación estipulados por la normativa nacional, afectando la calidad del entorno académico y la seguridad operativa. Los laboratorios de Ingeniería Ambiental e Ingeniería Civil presentan deficiencias sistemáticas en sus condiciones de iluminación casi el 85% de las mediciones registran niveles por debajo del mínimo requerido a (500lux) con casos extremos ≤ 100 lux en horario nocturno.

La uniformidad lumínica (U) fue inaceptable ($U < 0.7$ en 90% de los casos), generando zonas de penumbra y sobreexposición que distorsionan la percepción visual. En relación con los objetivos planteados, el estudio permitió no solo verificar el grado de cumplimiento de los estándares de iluminancia, sino también identificar fallos asociados a la falta de uniformidad y al uso de sistemas de iluminación poco eficientes. Las mediciones realizadas en diferentes turnos del día revelaron que los niveles de luz son especialmente bajos en horario nocturno, mientras que, durante el día, aunque se registraron algunos picos adecuados, estos no fueron constantes ni homogéneos en el área de trabajo. Estas deficiencias afectan significativamente la experiencia educativa: dificultan la ejecución precisa de actividades prácticas, aumentan el riesgo de errores operativos y ponen en riesgo

la salud visual de los usuarios. También se constató la inexistencia de una estrategia de mantenimiento o rediseño de la iluminación, lo cual refleja una necesidad institucional urgente de intervenir estos espacios desde una perspectiva técnica, ergonómica y pedagógica. El estudio, por tanto, representa un insumo valioso para impulsar mejoras sostenibles que garanticen condiciones adecuadas de aprendizaje y seguridad dentro del entorno universitario.

Recomendaciones

Instalación de sistemas de control de iluminación adaptativos: Dado que diversos ambientes, especialmente durante el turno matutino (por ejemplo, LAB-AMB-02 con 1514 lux), exceden considerablemente el rango recomendado de 500 a 750 lux para actividades de estudio y concentración (INACAL, 2012), se sugiere la implementación de sistemas de atenuación automática o sensores de iluminación natural que ajusten los niveles de luz de acuerdo con la intensidad solar, con el fin de prevenir deslumbramientos y fatiga visual (Van Bommel & van den Beld, 2004).

Optimización del diseño lumínico artificial en horarios nocturnos: Durante el turno nocturno, varios ambientes (como LAB-CIV-2) presentan niveles críticos de iluminación (mínimos de 21 lux), lo que infringe los estándares ergonómicos para tareas visuales prolongadas. Se recomienda una redistribución estratégica de luminarias LED de temperatura cálida neutra (4000 K), que garanticen un nivel uniforme de iluminación en todas las áreas del laboratorio, mejorando así la percepción visual sin generar sombras incómodas (Zhou & Pan, 2023).

Establecimiento de protocolos de mantenimiento preventivo del sistema lumínico: La alta variabilidad en los niveles de iluminación entre diferentes puntos dentro de un mismo laboratorio sugiere la existencia de luminarias deterioradas o mal distribuidas. Por lo tanto, se debe implementar un cronograma de inspección y reposición de focos cada semestre, acompañado de la limpieza de difusores, para mantener la eficiencia del sistema de iluminación a largo plazo (Dubois & Blomsterberg, 2011).

Capacitación docente y estudiantil sobre ergonomía visual: Una formación básica sobre los riesgos asociados al exceso o déficit de iluminación permitiría que tanto estudiantes como docentes puedan reportar irregularidades. Esto se alinea con un enfoque participativo en la gestión ambiental universitaria, priorizando la salud visual como un factor clave para la productividad académica (Choi, Kim & Kwon, 2020).

Cumplimiento estricto de la NTP 399.010:2012 en todos los turnos: La normativa peruana establece que los niveles mínimos de iluminación deben oscilar entre 500 y 750 lux para espacios de enseñanza en interiores. Se recomienda que la universidad realice un monitoreo trimestral de los niveles de iluminación utilizando luxómetros calibrados, reportando los hallazgos al comité de seguridad y salud, asegurando así una mejora continua en las condiciones físicas del aprendizaje (INACAL, 2012).

Referencias:

- ABET. (2021). **Criteria for accrediting engineering programs**. Accreditation Board for Engineering and Technology.
- Aguilar, L., Ríos, J., & Sánchez, M. (2022). Evaluación de la iluminación en entornos educativos con uso de luxómetros digitales. **Revista de Tecnología Educativa**, **18*(2)*, 85–93.
- Barraza, M., Castillo, F., & Romero, J. (2023). Diseño sostenible de laboratorios universitarios: Factores de iluminación y ergonomía visual. **Revista de Infraestructura Académica**, **27*(3)*, 56–70.
- Boyce, P. R. (2014). **Human factors in lighting** (3rd ed.). CRC Press.
- Chanjuan, S., Lian, Z., Lin, Y., & Lan, L. (2019). The effects of light illuminance on mental workload and cognitive performance. **International Journal of Industrial Ergonomics**, **70**, 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.01.003>
- Choi, A., Kim, J., & Kwon, J. (2020). Effects of poor indoor lighting on the error rate and visual fatigue of university students during laboratory practices. **Journal of Environmental Psychology**, **72**, 101517. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101517>
- CIE. (2021). **Lighting for educational facilities** (Report No. CIE 218:2021). Commission Internationale de l'Éclairage. <https://cie.co.at/>
- CIE. (2001). **Lighting of indoor work places** (Standard S 008/E:2001). Commission Internationale de l'Éclairage.
- Dubois, M. C., & Blomsterberg, Å. (2011). Energy saving potential and strategies for electric lighting in future North European, low energy office buildings: A literature review. **Energy and Buildings**, **43*(10)*, 2572–2582. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.06.001>

- IESNA. (2020). *Lighting handbook* (10th ed.). Illuminating Engineering Society of North America.
- INACAL. (2012). *NTP 399.010: Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Interiores (ISO 8995-1:2002, MOD)*. Instituto Nacional de Calidad.
- INDECOPI. (2002). *NTP-ISO 8995:2002 - Iluminación de lugares de trabajo en interiores*. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. <https://www.indecopi.gob.pe/>
- ISO. (2002). *ISO 8995-1:2002 – Lighting of work places – Part 1: Indoor*. International Organization for Standardization.
- Li, D. H. W., & Tsang, E. K. W. (2008). An analysis of daylighting performance for classroom lighting design in Hong Kong. *Building and Environment*, *43*(5), 785–793. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.01.003>
- Liu, J., Zhang, C., Yu, H., & Li, X. (2023). Study on suitable illuminance range for visual comfort and work efficiency in reading environments. *Frontiers in Built Environment*, *9*, 1228671. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1228671>
- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2009). *NTP 951-2009-MTPE/4: Condiciones de iluminación en el lugar de trabajo*. Lima, Perú.
- Organización Internacional del Trabajo. (2019). *Seguridad y salud en el uso de equipos de trabajo* (2.^a ed.). <https://www.ilo.org/>
- Pérez, C., & Valverde, E. (2021). Impacto de la iluminación artificial en el rendimiento académico en laboratorios universitarios. *Revista de Ciencias Ambientales*, *12*(1), 44–53.

- Rea, M. S. (2018). **The lighting handbook: Reference and application**. Illuminating Engineering Society.
- Rosario, P. V., & Teonila, G. Z. (s/f). **Industrial data**. Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640856002.pdf>
- Sun, C., Lian, Z., & Lan, L. (2019). Work performance in relation to lighting environment in office buildings. **Indoor and Built Environment**, **28*(5)*, 604–616. <https://doi.org/10.1177/1420326X17751472>
- Surgenor, B. W., & Firth, K. (2011). The role of the laboratory in design engineering education. Queen's University. <https://ojs.library.queensu.ca/index.php/PCEEA/article/view/3848/3845>
- UNESCO-IESALC. (2022). **La infraestructura universitaria en América Latina: Diagnóstico y desafíos**. Instituto Internacional para la Educación Superior en América Latina y el Caribe. <https://www.iesalc.unesco.org/>
- Van Bommel, W. J. M., & van den Beld, G. J. (2004). Lighting for work: A review of visual and biological effects. **Lighting Research & Technology**, **36*(4)*, 255–269. <https://doi.org/10.1191/1365782804li122oa>
- Zhao, X., Liu, Y., & Tang, J. (2020). Lighting design and evaluation in higher education laboratories: Field measurements and modeling. **Energy and Buildings**, **210**, 109744. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109744>
- Zhou, A., & Pan, Y. (2023). Effects of indoor lighting environments on paper reading efficiency and brain fatigue: An experimental study. **Frontiers in Built Environment**, **9**, 1303028. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1303028>

Anexo:

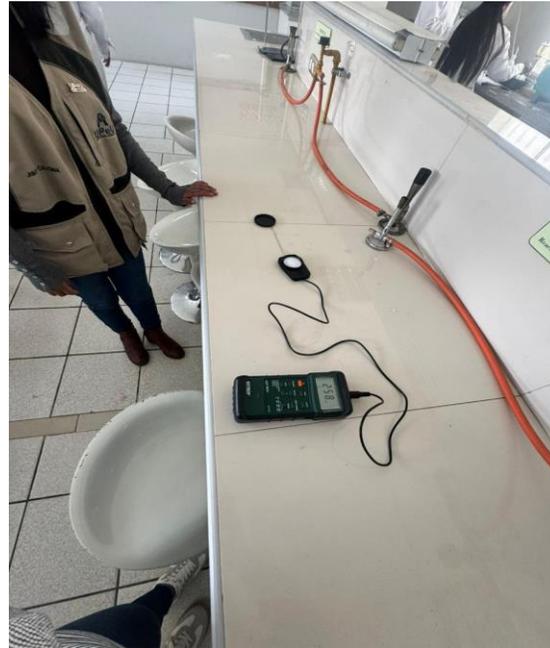
Tabla x. Resultados de monitoreo por salones:

LABORATORIOS CIVIL		MONITOREO LUX											
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12
LAB-CIV-01	MAÑANA	209	150	58	93	134	178	199	243	304	364	338	379
	TARDE	213	191	311	47	70	107	45	35	221	206	105	168
	NOCHE	169	174	151	138	91	55	205	199	222	189	39	44
LAB-CIV-2	MAÑANA	1514	339	1354	457	1159	337	209	349	350	109	211	90
	TARDE	242	134	36	103	173	188	147	116	144	121	183	104
	NOCHE	106	72	54	21	56	151	199	148	159	35	149	59
LAB-CIV-03	MAÑANA	223	245	227	1799	1795	1909	205	174	159	109	123	98
	TARDE	726	1158	884	456	436	230	67	129	100	359	310	598
	NOCHE	199	239	151	257	222	145	64	86	135	278	389	457
LAB-CIV-04	MAÑANA	554	285	1128	385	855	967	789	316	409	709	227	370
	TARDE	145	139	66	133	171	419	313	364	171	301	489	319

LABORATORIOS		MONITOREO LUX											
AMBIENTAL		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12
LAB-AMB-01	MAÑANA	663	202	272	252	417	328	489	209	298	698	567	638
	TARDE	440	496	737	453	526	584	446	515	438	478	556	506
	NOCHE	199	222	200	247	164	159	327	206	251	221	223	366
LAB-AMB-02	MAÑANA	197	212	90	111	92	90	266	396	412	496	462	359
	TARDE	142	1617	416	190	286	350	411	305	258	344	350	646
	NOCHE	217	161	257	366	235	173	206	253	265	243	330	678

Fuente: elaboración propia.

Fotos de Monitoreo:



Salones de monitoreo ingeniería ambiental:



Monitoreo de salones de ingeniería civil:

Laboratorio de mecánica de suelos:



Laboratorio de mecánica de suelos:



Gabinete de topografía:



Monitoreo ingeniería civil turno noche:

